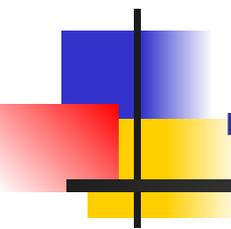
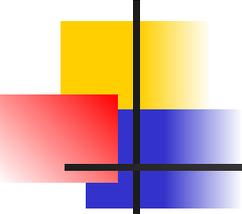
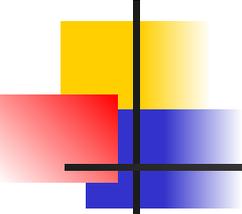


# Основные методы поверхностно пластического деформирования (ППД)



---

- 
- 
- ППД - это обработка деталей давлением (без снятия стружки), при которой пластически деформируется только их поверхностный слой. ППД осуществляется инструментом, деформирующие элементы (ДЭ) которого (шарики, ролики или тела иной конфигурации) взаимодействуют с обрабатываемой поверхностью по схемам качения, скольжения или внедрения.

- 
- 
- При ППД по схеме качения ДЭ (как правило, ролик или шарик) прижимается к поверхности детали с фиксированной силой  $P$ , перемещается относительно нее, совершая при этом вращение вокруг своей оси. В зоне локального контакта ДЭ с обрабатываемой поверхностью возникает очаг пластической деформации (далее очаг деформации - ОД), который перемещается вместе с инструментом, благодаря чему поверхностный слой последовательно деформируется на глубину  $h$ , равную глубине распространения ОД. Размеры ОД зависят от технологических факторов обработки - силы  $P$ , формы и размеров ДЭ, подачи, твердости обрабатываемого материала и др.

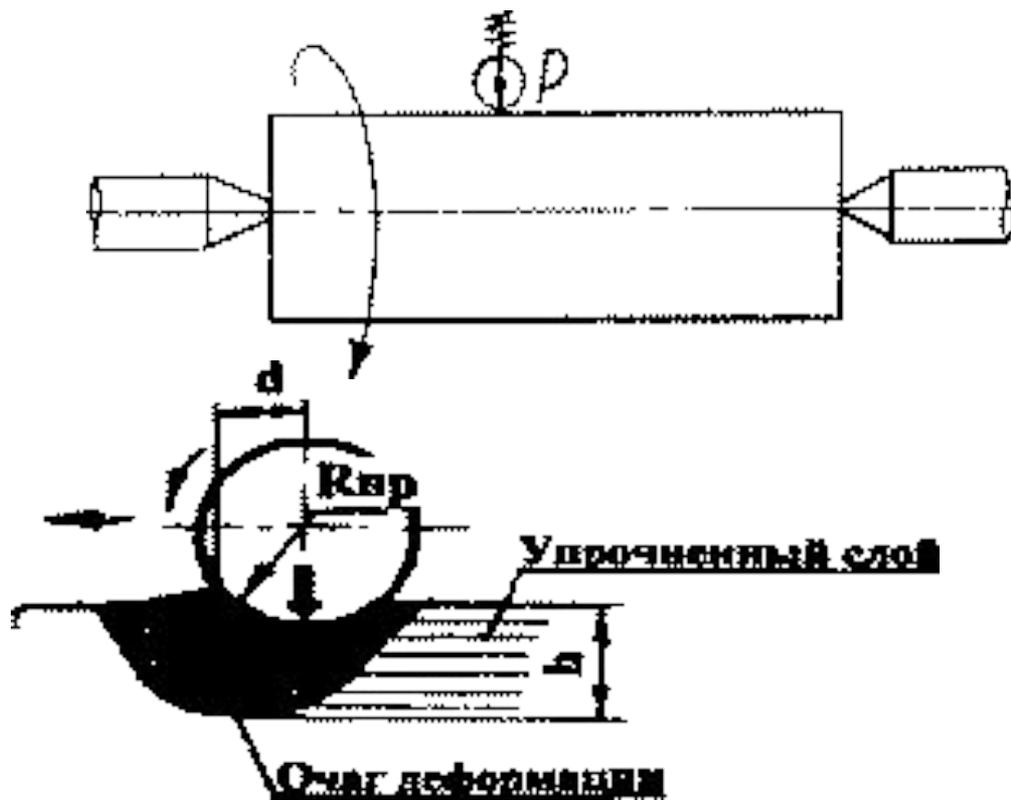
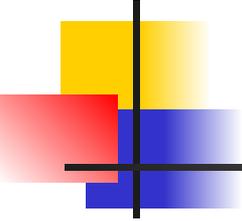


Схема обработки детали по схеме качение

- 
- 
- В соответствии с ГОСТ 18296-72 поверхностное пластическое деформирование при качении инструмента по поверхности деформируемого материала называется *накатыванием*. В свою очередь, накатывание подразделяется на *обкатывание* и *раскатывание* в зависимости от того, какие поверхности обрабатываются: выпуклые (валы, галтели), плоские или вогнутые (например, отверстия).

- 
- 
- Достоинством накатывания является снижение сил трения между инструментом и обрабатываемым материалом.
  - К методам ППД, в которых ДЭ работают по схеме скольжения, относятся *выглаживание* и *дорнование*. Для этих процессов ДЭ должны изготавливаться из материалов, имеющих высокую твердость (алмаз, твердый сплав и т.п.) и несклонных к адгезионному схватыванию с обрабатываемым материалом.

- 
- 
- Алмазное выглаживание применяется для ППД закаленных сталей и деталей маложестких, т.е. тогда, когда невозможно применить обработку накатыванием. Недостатком выглаживания является низкая производительность и невысокая стойкость инструмента.

- 
- 
- *Дорнование* - это деформирующее протягивание, калибрование, применяется для обработки отверстий. Это высокопроизводительный процесс, сочетающий в себе возможности чистовой, упрочняющей, калибрующей и формообразующей обработки. Формообразующая обработка применяется для получения на поверхности детали мелких шлицов и других рифлений. Толщина упрочненного слоя при дорновании регулируется натягом, т.е. разностью диаметров дорпа «D» и отверстия «d» заготовки

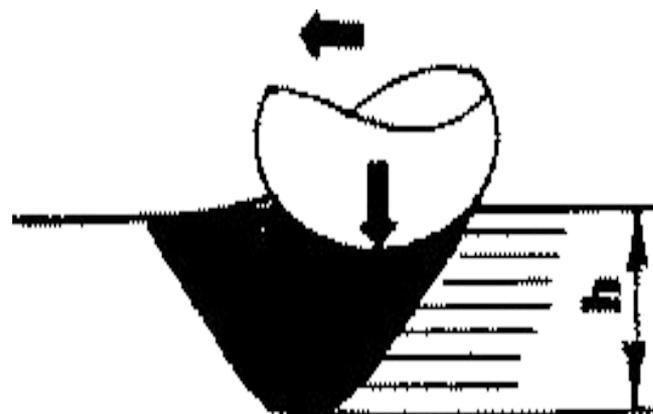
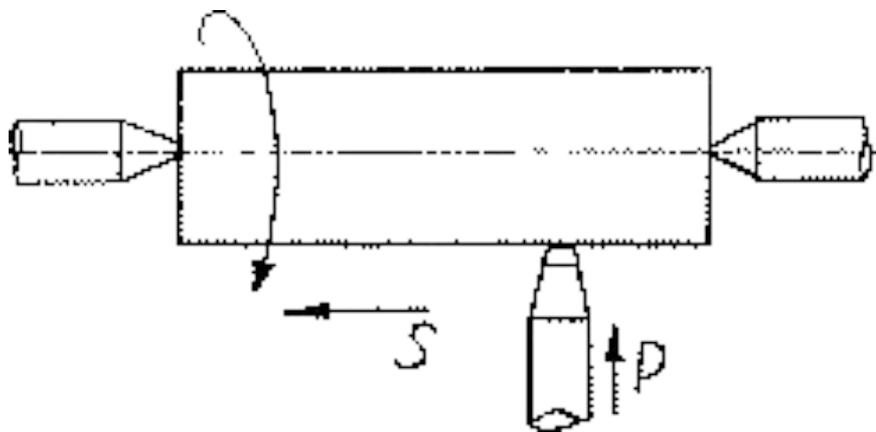
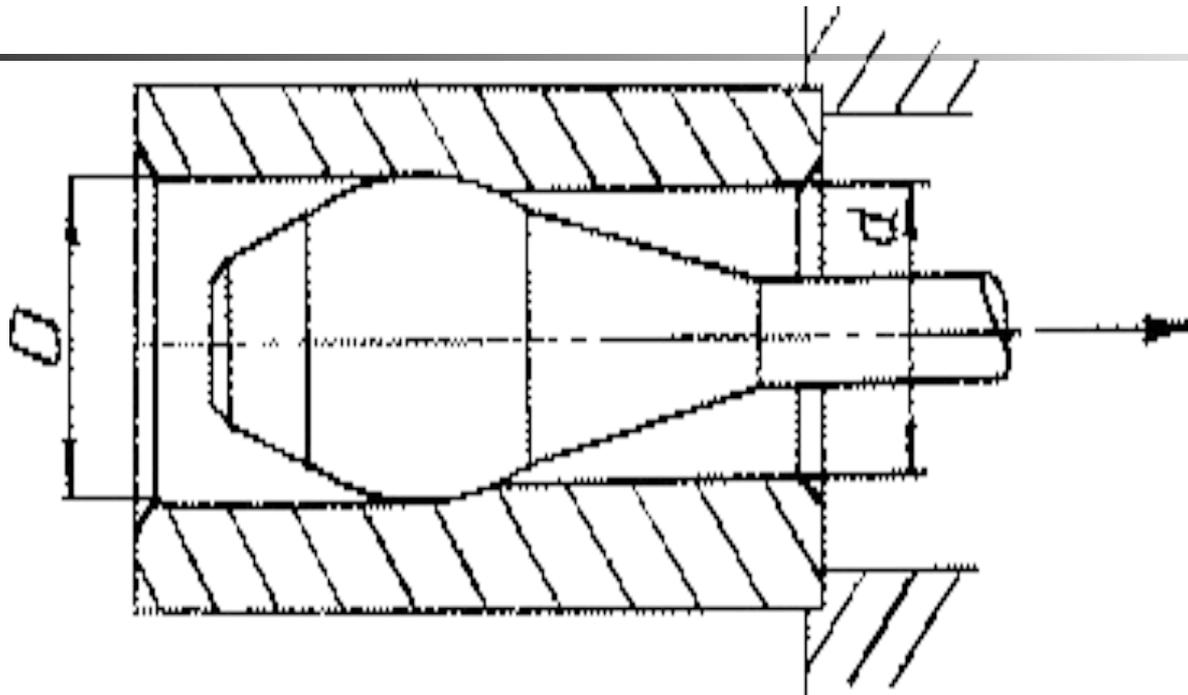
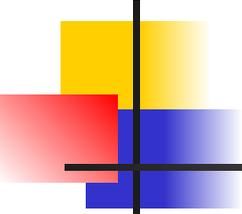


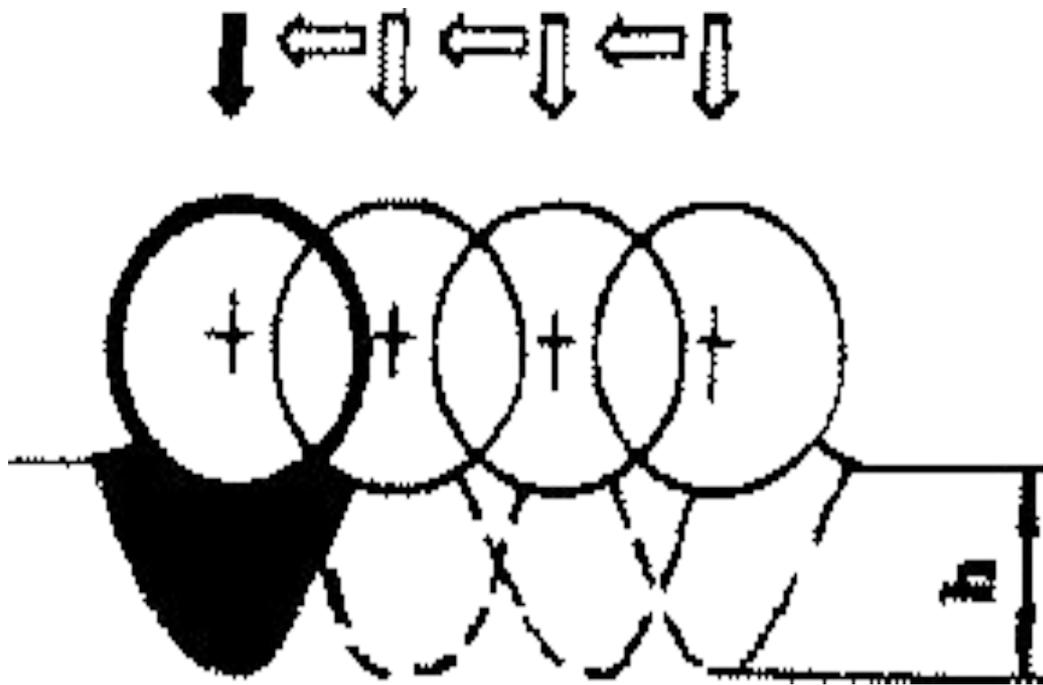
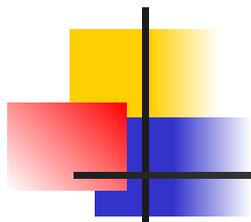
Схема обработки детали алмазным выглаживанием.



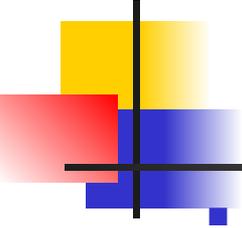
Дорнование.

- 
- 
- Методы накатывания, выглаживания и деформирующего протягивания относятся к методам *статического поверхностного деформирования*. Характерным признаком этих методов является стабильность формы и размеров ОД в стационарной фазе процесса.
  - Наряду с этими методами в машиностроении существует большое число методов ППД, основанных на динамическом (ударном) воздействии инструмента на поверхность детали. В этих процессах инструмент внедряется в поверхностный слой детали перпендикулярно профилю поверхности или под некоторым углом к ней.

- 
- 
- Многочисленные удары, наносимые инструментом по детали по заданной программе или хаотично, оставляют на ней большое число локальных пластических отпечатков, которые в результате покрывают (с перекрытием или без него) всю поверхность. Размеры очага деформации зависят от материала детали, размеров и формы инструмента и от энергии удара по поверхности.

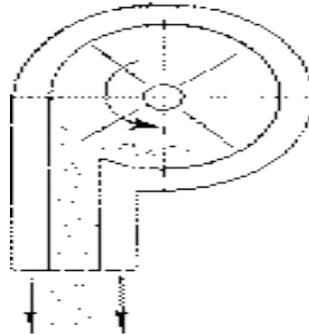


.Схема обработки ППД при ударном воздействии инструмента.

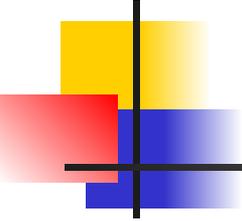


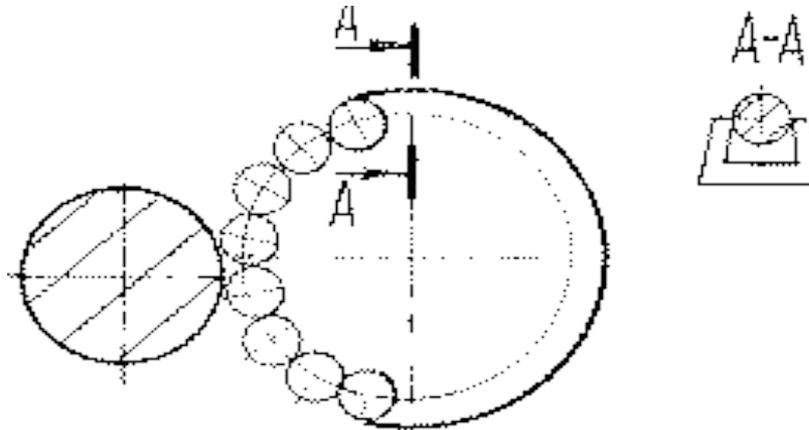
К методам *ударного ППД* относятся чеканка, обработка дробью, виброударная, ультразвуковая, центробежно-ударная обработка и др.

- Дробеструйная обработка (наклеп) осуществляется за счет кинетической энергии потока чугунной, стальной или другой дроби, который направляется например, роторным дробеметом

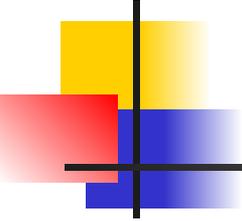


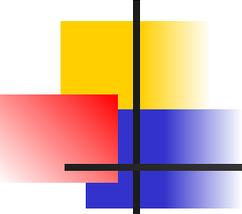
Дробеструйная обработка детали

- 
- Центробежно-шариковая обработка осуществляется за счет кинетической энергии стальных шариков (роликов), расположенных на периферии вращения диска

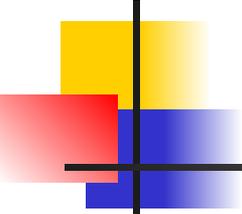


Центробежно-шариковая обработка

- 
- 
- При вращении диска под действием центробежной силы шарики отбрасываются к периферии обода, взаимодействуют с обрабатываемой поверхностью и отбрасываются внутрь гнезда.
  - Поверхностное пластическое деформирование:
  - повышает плотность дислокаций в упрочненном слое;
  - измельчает исходную структуру;
  - повышает величину твердости поверхности;
  - уменьшает величину шероховатости;
  - повышает износостойкость деталей;
  - возрастает сопротивление схватыванию;
  - увеличивается предел выносливости

- 
- Расчет глубины деформационного упрочнения поверхностного слоя
  - *Упрочненный слой* - это слой, параметры состояния которого отличаются от параметров основного материала. Однако граница раздела упрочненного и основного материала сильно размыта из-за того, что контролируемый параметр изменяется вблизи этой границы с весьма малым градиентом. Поэтому толщина упрочненного слоя определяется всегда с погрешностью, величина которой зависит от метода измерения и присущих ему погрешностей. Совершенно ясно, что первые признаки искажения кристаллической структуры будут обнаружены физическими методами исследования на большей глубине, чем первые признаки увеличения микротвердости или искажения координатной сетки. В связи с этим понятие толщины упрочненного слоя является достаточно условным, а числовые значения, приведенные в различных источниках, могут отличаться на десятки процентов.
  - С позиций механики деформирования глубина упрочнения определяется границей очага деформации. Таким образом, для точного прогнозирования глубины упрочнения имеет значение адекватность теоретической модели и связанная с ней конструкция поля напряжений (деформаций).



- 
- 
- Точка  $A/$ , которая легко выявляется профилографированием очага деформации, определяет длину  $L$  передней внеконтактной поверхности волны  $BA/.A/K/D/C/-$  граница области развитых пластических деформаций, нижняя точка которой определяет толщину упрочняемого слоя  $h$ . Поля деформаций, расположенные ниже этой точки, не вызывают заметного изменения сопротивления металла пластическим деформациям. Линии  $BK/$  и  $KA/$  подходят к  $BA/$  под углом .



---

- Определение подачи  $S/z$

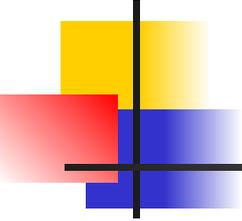
$$d + d_1 / S_2 \geq (1,5 + 8).$$

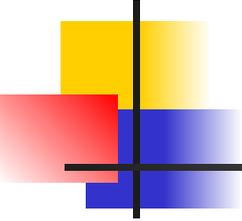
$$d_1 = Ad^B; \quad A = 0,39 \text{ при } 0 < d < 4 \text{ мм.}$$

$$A = 0,34 \text{ при } 0 < d < 0,6 \text{ мм.}$$

$$B = 0,9 \text{ при } 0 < d < 4 \text{ мм.}$$

$$B = 1 \text{ при } 0 < d < 0,6 \text{ мм.}$$

- 
- 
- Сущность упрочнения пластическим деформированием
  - Поликристаллические твердые тела состоят из большого числа зерен (кристаллов), разделенных между собой границами. Каждое зерно содержит дефекты. Зерна имеют различную ориентировку
  - При приложении внешнего напряжения к металлу пластическая деформация в первую очередь произойдет в зерне, наиболее благоприятно ориентированном к внешнему напряжению (т.е. с наибольшим касательным напряжением). С ростом внешнего напряжения наблюдается постепенное вовлечение остальных зерен в процессе пластической деформации при сохранении сплошности зерна. На рисунке показана схема передачи пластической деформации от зерна к зерну. Под действием внешнего

- 
- 
- сдвигающего напряжения дислокации генерируемые активным источником В, приходят к границе зерна и задерживаются около нее. По мере накопления дислокаций у точки «Р» растет напряжение. Однако этого недостаточно, чтобы перейти из одного зерна в другое через границу MN. Поэтому распространение скольжения от одного зерна к другому осуществляется за счет того, что при достижении определенного значения напряжения в точке «Р» возбуждается источник дислокации в соседнем зерне, например в точке А.

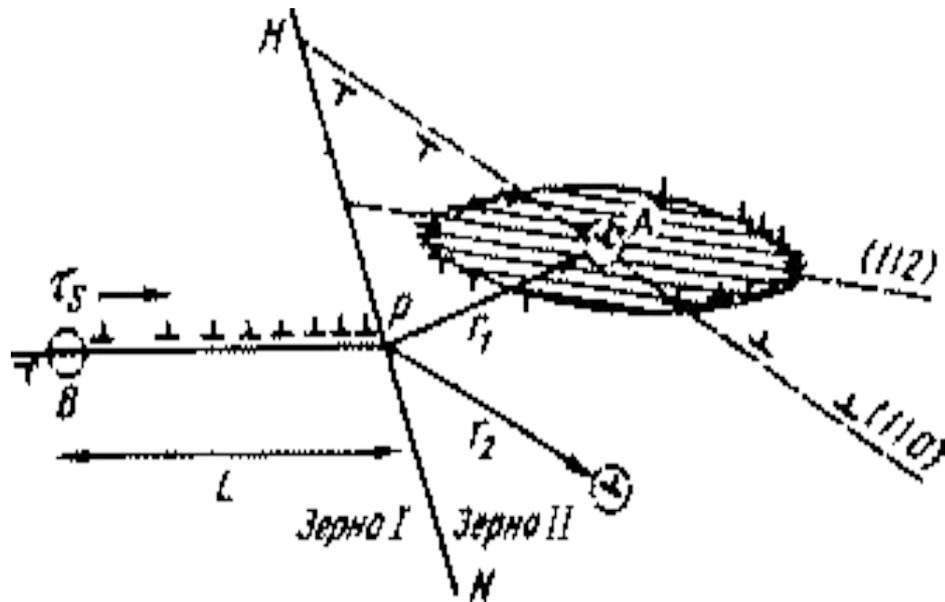
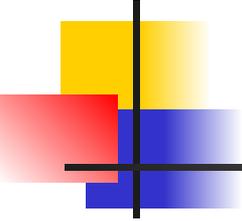
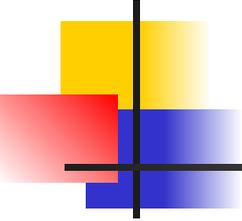


Схема инициирования скольжения (или двойникования) в соседнем зерне поликристалла некоторой точке А, удаленной от вершины плоского нагромождения дислокаций  $p$  на расстояние  $r_1$

- 
- 
- Движение дислокаций, генерируемых источником А, будет происходить по наиболее благоприятно ориентированной плоскости скольжения.
  - Рассмотренный механизм торможения дислокаций у границ зерна называется *барьерным упрочнением*.
  - Упрочнение более интенсивно происходит на границах зерен, мелкое зерно упрочняется интенсивнее крупного.
  - Напряжение текучести « $\sigma$ » в зерне диаметром « $d$ », в соответствии с соотношениями Холла-Петча, зависит от составляющих:
  - где:  $\sigma_0$  - напряжение как результат сопротивления движению дислокаций в теле зерна, не зависящего от размера зерна (внутренне трение);
  - $k$  - константа, характеризующая трудность эстафетной передачи пластической деформации от зерна к зерну.
  - Напряжении текучести (сопротивление деформации) возрастает с уменьшением размера зерна не из-за наличия границы самой по себе, а из-за взаимодействия между зернами, разделенными этой границей.

- 
- 
- Если дислокация надежно задерживается границей и возможности эстафетной передачи деформации ограничены, то деформация локализуется в микрообъемах, а напряжение текучести возрастает.
  - Существенная локализация деформаций повышает концентрацию напряжений, что приводит к преждевременному разрушению, т.е. снижению пластичности.
  - Наряду с величиной зерна на деформационное упрочнение металлов большое влияние оказывает количество и размер внутризеренных блоков (ячеек). С повышением степени деформации и роста плотности дислокаций происходит дробление зерна на блоки по плоскостям скопления дислокаций.
  - Наряду с дроблением зерна на блоки происходит разориентация блоков по границам на некоторый угол. При  $(2,5 \dots 5) \cdot 10^8$  граница блоков оказывает сопротивление движению дислокаций.
  - По типу сопротивления дислокаций «леса». Если  $(2 \dots 5) \cdot 10^8$ , то границы блоков становятся местом скопления дислокаций, повышающими деформирующее напряжение.